

PCT/KR 2004/000520

RO/KR 12.03.2004

REC'D 23 MAR 2004

WIPO

PCT

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0015741

Application Number

출원년월일 : 2003년 03월 13일

Date of Application

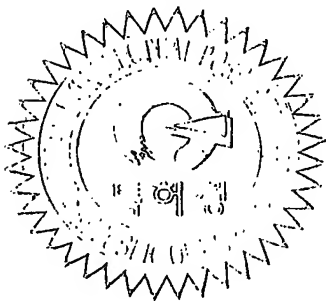
MAR 13, 2003

출원인
Applicant(s)

인 : 삼성전자주식회사
SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

**PRIORITY
DOCUMENT**

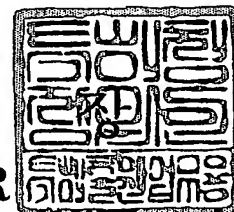
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2004 년 03 월 12 일

특 허 청

COMMISSIONER



BEST AVAILABLE COPY

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.03.13
【발명의 명칭】	규소 결정화 시스템 및 규소 결정화 방법
【발명의 영문명칭】	Silicon crystallization system and silicon crystallization method
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	김원근 , 박종하
【포괄위임등록번호】	2002-036528-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이수경
【성명의 영문표기】	LEE,SU GYEONG
【주민등록번호】	761004-2673911
【우편번호】	151-860
【주소】	서울특별시 관악구 신림9동 1546-10번지 202호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김동범
【성명의 영문표기】	KIM,DONG BYUM
【주민등록번호】	740607-1108611
【우편번호】	135-100
【주소】	서울특별시 강남구 청담동 43-1번지 현대빌라 403호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	강명구
【성명의 영문표기】	KANG,MYUNG KOO

【주민등록번호】 710922-1009020
【우편번호】 138-240
【주소】 서울특별시 송파구 신천동 미성아파트 3동 205호
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 정의진
【성명의 영문표기】 CHUNG,UI JIN
【주민등록번호】 710919-1351013
【우편번호】 442-804
【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄3동 1258번지 주공그린빌아파트 103동 104 호
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 김현재
【성명의 영문표기】 KIM,HYUN JAE
【주민등록번호】 680304-1042410
【우편번호】 463-830
【주소】 경기도 성남시 분당구 이매동 123번지 청구아파트 601동 903호
【국적】 KR
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인
 유미특허법인 (인)
【수수료】
【기본출원료】 20 면 29,000 원
【가산출원료】 11 면 11,000 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 0 항 0 원
【합계】 40,000 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

m 은 2 이상의 정수, n 은 1 이상의 정수라 할 때, m 개의 레이저 발생 장치; m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 m 개의 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기; 분할된 n 개의 서브 레이저빔의 각각을 제어하는 n 개의 광계; n 개의 광계를 통과한 n 개의 서브 레이저빔을 조사함으로써 다결정 규소층으로 결정화되는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 장착할 수 있는 n 개의 스테이지를 포함하는 규소 결정화 시스템.

【대표도】

도 1

【색인어】

다결정 규소, 순차적 측면 결정화 공정, 트윈 레이저, 챔버, 광계

【명세서】

【발명의 명칭】

규소 결정화 시스템 및 규소 결정화 방법{Silicon crystallization system and silicon crystallization method}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 규소 결정화 시스템을 도시한 개략도이고,

도 2a는 하나의 레이저빔 발생 장치에서 발생한 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임에 따른 액상 영역을 도시한 도면이고,

도 2b는 2개의 레이저빔 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임에 따른 액상 영역을 도시한 도면이고,

도 3은 도 1에 도시된 레이저빔 분할기의 개략도이고,

도 4는 레이저를 조사하여 비정질 규소를 다결정 규소로 결정화하는 순차적 측면 결정화 공정을 개략적으로 도시한 도면이고,

도 5는 순차적 측면 결정화 공정을 통하여 비정질 규소가 다결정 규소로 결정화되는 과정에서 다결정 규소의 미세 구조를 도시한 도면이고,

도 6은 순차적 측면 결정화 공정에서 마스크의 이동 위치와 그에 따른 조사 영역을 도시한 도면이고,

도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 규소 결정화 시스템을 도시한 개략도이고,

도 8은 도 7에 도시된 레이저빔 분할기의 개략도이고,

도 9는 도 9에 도시된 규소 결정화 시스템의 규소 결정화 단계를 도시한 도면이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

11 ; 제1 레이저 발생 장치	12 ; 제2 레이저 발생장치
21 ; 제1 광계	22 ; 제2 광계
31 ; 제1 스테이지	32 ; 제2 스테이지
40 ; 레이저빔 합성기	50 ; 레이저빔 분할기
210 ; 액상 영역	220 ; 고상 영역
300 ; 마스크	310 ; 슬릿 패턴

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 다결정 규소(poly silicon)를 형성하는 시스템 및 다결정 규소를 형성하는 방법에 관한 것으로서, 특히, 박막 트랜지스터 표시판의 다결정 규소층을 형성하는 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

<19> 일반적으로 규소는 결정상태에 따라 비정질 규소(amorphous silicon)와 결정질 규소(crystalline silicon)로 나눌 수 있다. 비정질 규소는 낮은 온도에서 증착하여 박막(thin film)을 형성하는 것이 가능하며, 주로 낮은 용융점을 가지는 유리를 기판으로 사용하는 액정 패널(liquid crystal panel)의 스위칭 소자에 많이 사용한다.

<20> 그러나, 비정질 규소 박막은 낮은 전계 효과 이동도 등의 문제점으로 표시소자의 대면적화에 어려움이 있다. 그래서, 높은 전계 효과 이동도($30\text{cm}^2/\text{VS}$)와 고주파 동작특성 및 낮은 누

설전류(leakage current)의 전기적 특성을 가진 다결정 규소(poly crystalline silicon)의 응용이 요구되고 있다.

- 21> 특히, 다결정 규소 박막의 전기적 특성은 그레인(grain)의 크기에 큰 영향을 받는다. 즉, 그레인의 크기가 증가함에 따라 전계 효과 이동도도 따라 증가한다.
- 22> 따라서, 이러한 점을 고려하여 규소를 다결정화 하는 방법이 큰 이슈로 떠오르고 있으며, 최근 들어 에너지를 레이저로 하여 규소 결정의 측면성장을 유도하여 거대한 다결정 규소를 제조하는 SLS(sequential lateral solidification)(연속적 측면 고상화)기술이 제안되었다.
- 23> 이러한 SLS 기술은 규소 그레인이 액상 규소와 고상 규소의 경계면에서 그 경계면에 대하여 수직 방향으로 성장한다는 사실을 이용한 것으로, 레이저빔(laser beam) 에너지의 크기와 레이저빔의 조사범위의 이동을 광계(optic system) 및 마스크를 이용하여 적절하게 조절하여 규소 그레인을 소정의 길이만큼 측면성장 시킴으로서 비정질 규소층을 결정화시키는 것이다.
- 24> 이때, 레이저빔은 슬릿 모양을 가지는 마스크의 투과 영역을 통과하여 비정질 규소를 완전히 녹이고, 비정질 규소층에 슬릿 모양의 액상 영역을 형성한다. 이어서, 액상의 비정질 규소는 냉각되면서 결정화가 이루어지는데, 결정은 레이저가 조사되지 않은 고상 영역과 액상 영역의 경계면에서부터 성장하고, 그 경계면에 대하여 수직 방향으로 성장한다. 그리고, 그레인들의 성장은 액상 영역의 중앙에서 서로 만나면 멈추게 된다. 이러한 공정은 마스크의 슬릿 패턴을 그레인의 성장 방향에 대해 수직으로 이동하면서 진행된다. 그리고, 이러한 공정을 비정질 규소층의 전 영역을 통하여 진행하며, 이때 그레인의 크기는 슬릿 패턴의 폭만큼 성장한다. 비정질 규소층의 전 영역이 결정화 되도록 하기 위해 슬릿 패턴은 마스크 내의 둘 이상의 영역에서 슬릿 패턴의 폭만큼 어긋나게 배치되어 있다.

- <25> 그러나, 이러한 순차적 고상 결정 시스템은 일반적으로 하나의 레이저 발생 장치, 하나의 광계(optic system) 및 하나의 스테이지가 일대일로 대응한다. 이 경우 하나의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔은 일반적으로 펄스의 형태이며, 펄스 듀레이션 타임(Pulse duration time)이 짧기 때문에 큰 슬릿 패턴을 가지는 마스크를 이용하는 순차적 고상 결정화 공정을 진행하기 어렵다. 따라서, 이 경우에는 펄스 듀레이션 타임을 연장시켜주는 PDE(Pulse duration extension) 장비가 필수적이므로 비용이 증가된다는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <26> 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 양산성을 향상시키고 생산 비용이 절감되는 규소 결정화 시스템 및 규소 결정화 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <27> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 규소 결정화 시스템은 m 은 2 이상의 정수, n 은 1 이상의 정수라 할 때, m 개의 레이저 발생 장치; 상기 m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 m 개의 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기; 상기 분할된 n 개의 서브 레이저빔의 각각을 제어하는 n 개의 광계; 상기 n 개의 광계를 통과한 n 개의 서브 레이저빔을 조사함으로써 다결정 규소층으로 결정화되는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 장착할 수 있는 n 개의 스테이지를 포함하는 것이 바람직하다.
- <28> 또한, 상기 m 개의 레이저빔의 각각의 빔펄스가 연속되어 상기 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임이 연장되는 것이 바람직하다.
- <29> 또한, 상기 레이저빔 분할기는 상기 합성 레이저빔을 동일한 에너지의 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 것이 바람직하다.

- 30> 또한, 상기 합성 레이저빔은 상기 m 개의 레이저 발생 장치와 상기 레이저빔 분할기 간의 경로 사이에 위치하는 레이저빔 합성기에 의해 합성되는 것이 바람직하다.
- 31> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 규모 결정화 시스템은 m 은 2 이상의 정수, n 과 k 는 1 이상의 정수라 할 때, m 개의 레이저 발생 장치; 상기 m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기; 상기 서브 레이저빔을 제어하기 위한 광학계를 포함하며 처리 대상물을 로딩할 수 있는 스테이지를 포함하는 k 개의 챔버를 포함하고, 상기 k 개의 챔버 중 일부의 챔버에서 레이저 조사를 통한 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 나머지 챔버에서는 처리 대상물을 상기 스테이지 위에 로딩하는 것이 바람직하다.
- <32> 또한, 상기 m 개의 레이저빔의 각각의 빔펄스가 연속되어 상기 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임이 연장되는 것이 바람직하다.
- <33> 또한, 상기 k 개의 챔버 중 일부의 챔버에서 순차적 측면 결정화 공정이 진행되는 시간이 일부 중첩되는 것이 바람직하다.
- <34> 또한, 상기 k 개의 챔버는 상기 n 개의 서브 레이저빔 중 어느 하나가 통과하는 제 k 광계; 상기 제 k 광계에 대응하는 제 k 스테이지를 포함하는 것이 바람직하다.
- <35> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 규모 결정화 방법은 2개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 3개의 서브 레이저빔으로 분할하여 조사하는 각각의 챔버를 제1 챔버, 제2 챔버 및 제3 챔버라 할 때, 상기 제1 챔버에서 비정질 규모층이 증착된 제1 절연 기판을 제1 스테이지 위에 로딩하는 제1 단계; 상기 제1 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 비정질 규모층이 증착된 제2 절연

기판을 제2 스테이지 위에 로딩하는 제2 단계; 상기 제1 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 상기 제3 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제3 절연 기판을 제3 스테이지 위에 로딩하는 제3 단계; 상기 제1 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제1 절연 기판을 제1 스테이지 위에 로딩하는 동안, 상기 제2 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 상기 제3 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 제4 단계; 상기 제1 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제2 절연 기판을 제2 스테이지 위에 로딩하고, 상기 제3 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 제5 단계를 포함하고, 상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 반복되는 것이 바람직하다.

<36> 또한, 상기 합성 레이저빔은 레이저빔 분할기에 의해 3개의 서브 레이저빔으로 분할되는 것이 바람직하다.

<37> 또한, 상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 상기 3개의 챔버 중 어느 2개의 챔버에서 동시에 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 3개의 챔버 중 다른 하나의 챔버에서는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 스테이지 위에 로딩하는 것이 바람직하다.

<38> 또한, 상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 상기 어느 2개의 챔버 중 어느 하나의 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 어느 2개의 챔버 중 다른 하나의 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 것이 바람직하다.

<39> 본 발명의 제1 실시예에 따른 규소 결정화 시스템에 대하여 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

<40> 본 발명의 제1 실시예에 따른 규소 결정화 시스템은 m 개의 레이저 발생 장치와, m 개의 레이저 발생 장치 아래에 배치되는 레이저빔 분할기를 포함한다. 레이저빔 분할기는 m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 m 개의 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 동일한 에너지의 n 개의 서브 레이저빔으로 분할한다. 레이저빔 분할기의 아래에는 분할된 n 개의 서브 레이저빔의 각각을 제어하는 n 개의 광계가 위치하고 있다. 그리고, n 개의 광계 아래에는 n 개의 스테이지가 위치하고 있다. n 개의 스테이지는 n 개의 광계를 통과한 n 개의 서브 레이저빔의 조사에 의해 다결정 규소층으로 결정화되는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 장착하고 있다. 그리고, 합성 레이저빔은 n 개의 레이저 발생 장치와 레이저빔 분할기 사이에 위치하고 있는 레이저빔 합성기에 의해 합성된다. 레이저빔 분할기의 내부에는 n 개의 미러가 배치되어 있다. 합성 레이저빔의 에너지를 1이라 할 때, 제1 미러(M1)는 레이저빔 에너지의 $1/n$ 만 투과시키고 나머진 $1-(1/n)$ 은 반사한다. 따라서, 제1 미러(M1)에서 반사된 레이저빔 에너지인 $1-(1/n)$ 은 제2 미러(M2)로 입사되어 제2 미러(M2)에서 $1/n$ 이 반사되고, $1-(2/n)$ 이 투과된다. 그리고, 제2 미러(M2)에서 투과된 $1-(2/n)$ 은 제3 미러(M3)로 입사되어 제3 미러(M3)에서 $1/n$ 이 반사되고, $1-(3/n)$ 이 투과된다. 여기서, m 과 n 은 2 이상의 정수이다.

<41> 도 1에는 m 과 n 이 모두 2인 경우의 본 발명의 제1 실시예에 따른 규소 결정화 시스템이 도시되어 있다.

<42> 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 실시예에 따른 규소 결정화 시스템은 제1 레이저 발생 장치(11) 및 제2 레이저 발생 장치(12)와, 레이저빔의 형상 및 에너지를 제어하는 제1 광계(21) 및 제2 광계(22), 그리고 제1 광계(21) 및 제2 광계(22)의 각각의 아래에 위치하는 제1 스테이지(31) 및 제2 스테이지(32)를 포함한다.

- 13> 제1 레이저 발생 장치(11)에서 발생한 제1 레이저빔(1) 및 제2 레이저 발생 장치(12)에서 발생한 제2 레이저빔(2)은 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된다. 그리고, 레이저빔 합성기(40)는 레이저 발생 장치(11, 12)와 레이저빔 분할기(50) 사이의 경로상에 위치한다.
- 44> 이러한 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된 합성 레이저빔(4)은 하나의 레이저빔 발생 장치에서 발생한 레이저빔과는 달리 펄스 듀레이션 타임(Pulse Duration Time)이 길다.
- 45> 그러나, 도 2a에 도시된 바와 같이, 하나의 레이저빔 발생 장치에서 발생한 레이저빔은 펄스 듀레이션 타임(Pulse Duration Time)이 매우 짧다. 따라서, 레이저빔의 펄스에 의해 비정질 규소층(150)에서 액상화되어 결정화되는 영역(A)이 작다. 그러므로, 큰 슬릿 패턴의 순차적 측면 결정화 공정을 진행하기 어렵다. 따라서 이를 연장시켜주는 PDE(Pulse Duration Extension)장비가 필수적이다.
- 46> 그러나, 본 발명의 제1 실시예와 같이 두 개의 레이저빔 발생 장치(11, 12), 두 개의 광계(21, 22) 및 두 개의 스테이지(31, 32)로 이루어진 규소 결정화 시스템은 도 2b에 도시된 바와 같이, 두 개의 레이저빔 발생 장치(11, 12)에서 발생한 두개의 레이저빔(1, 2)을 합치는 과정에서 각각의 레이저빔의 빔 펄스(beam pulse)간에 빔 펄스가 이어질 수 있는 정도의 시차를 두면 펄스 듀레이션 타임(Pulse Duration Time, T_p)이 증가되는 효과를 가져온다. 즉; 2개의 레이저빔(1, 2)의 각각의 빔 펄스가 연속되어 합성 레이저빔(4)의 펄스 듀레이션 타임(T_p)이 연장된다. 따라서, 레이저빔의 펄스에 의해 비정질 규소층(151, 152)에서 액상화되어 결정화되는 영역(B)이 넓어진다. 따라서, PDE없이도 큰 슬릿 패턴의 순차적 측면 결정화 공정이 가능하므로 양산성이 향상된다.

- 17> 그리고, 레이저빔 합성기(40)의 아래에는 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된 합성 레이저빔(4)을 2개의 서브 레이저빔(5, 6) 즉, 제1 서브 레이저빔(5) 및 제2 서브 레이저빔(6)으로 분할하는 레이저빔 분할기(50)를 포함한다.
- 48> 도 3에는 레이저빔 분할기(50)의 개략도가 도시되어 있다.
- 49> 도 3에 도시된 바와 같이, 레이저빔 분할기(50)의 내부에는 2개의 미러가 배치되어 있다. 합성 레이저빔(4)의 에너지를 1이라 할 때, 제1 미러(M1)는 합성 레이저빔 에너지의 1/2만 투과시키고 나머진 1/2은 반사한다. 따라서, 제1 미러(M1)에서 반사된 합성 레이저빔 에너지인 1/2은 제2 미러(M2)로 입사되어 제2 미러(M2)에서 모두 반사된다.
- 50> 즉, 제1 미러(M1)는 합성 레이저빔 에너지의 1/2만 투과시키는 렌즈를 사용하고, 제2 미러(M2)는 합성 레이저빔 에너지를 투과시키지 않는 렌즈를 사용한다면 모든 서브 레이저빔(5, 6)의 에너지가 합성 레이저빔 에너지의 1/2로 동일하게 분할된다. 따라서, 펄스 듀레이션 타임(T_p)이 연장되고, 합성 레이저빔 에너지의 1/2로 분할된 두 개의 서브 레이저빔(5, 6)이 제1 광계(21) 및 제2 광계(22)로 각각 입사된다.
- 51> 레이저빔 분할기(50)를 통과한 서브 레이저빔(5, 6)의 아래에는 레이저빔의 형상 및 에너지를 제어하는 제1 광계(21) 및 제2 광계(22)가 위치하고 있다. 그리고, 제1 광계(21)의 아래에는 제1 스테이지(31)가 위치하고 있고, 제2 광계(22)의 아래에는 제2 스테이지(32)가 위치하고 있다. 이러한 스테이지(31, 32) 위에는 제1 절연 기판(111) 및 제2 절연 기판(112)이 장착되어 있으며, 제1 광계(21) 및 제2 광계(22)를 통과한 서브 레이저빔(5, 6)이 조사되는 비정질 규소층(151, 152)이 제1 절연 기판(111) 및 제2 절연 기판(112) 위에 증착되어 있다.

- 52> 이러한 비정질 규소층(151, 152)에 서브 레이저빔(5, 6)을 조사하여 다결정 규소층으로 결정화한다. 광계(21, 22)의 아래는 마스크(미도시)가 위치하고 있어 서브 레이저빔은 슬릿 모양을 가지는 마스크의 투과 영역을 통과하여 비정질 규소를 완전히 녹이고, 비정질 규소층에 슬릿 모양의 액상 영역을 형성한 후 고상화시킴으로써 다결정 규소로 결정화하는 순차적 측면 결정화 공정을 진행한다.
- 53> 이하에서 순차적 측면 결정화 공정에 대해 상세히 설명한다.
- 54> 도 4는 레이저빔을 조사하여 비정질 규소를 다결정 규소로 결정화하는 순차적 고상 결정 공정을 개략적으로 도시한 개략도이고, 도 5는 순차적 측면 결정화 공정을 통하여 비정질 규소가 다결정 규소로 결정화되는 과정에서 다결정 규소의 미세 구조 및 마스크의 이동을 도시한 도면이다.
- 55> 도 4에서 보는 바와 같이, 순차적 측면 결정화 공정은 슬릿 패턴(310)으로 형성되어 있는 투과 영역(310)을 가지는 마스크(300)를 통하여 레이저빔을 조사한다. 그리고, 절연 기판(110)의 상부에 형성되어 있는 비정질 규소층(150)을 국부적으로 완전히 녹여 투과 영역(310)에 대응하는 비정질 규소층(150)에 액상 영역(210)을 형성한다. 이때, 다결정 규소의 그레인은 레이저가 조사된 액상 영역(210)과 레이저가 조사되지 않은 고상 영역(220)의 경계면(230)에서 각각 그 경계면에 대하여 수직 방향(도 5 참조, A방향)으로 성장한다. 그레인들의 성장은 액상 영역(210)의 중앙(231)에서 서로 만나면 멈추게 된다.
- 56> 도 5는 슬릿 패턴이 형성되어 있는 마스크를 이용하여 순차적 측면 결정화 공정을 진행하였을 경우 형성되는 다결정 규소의 그레인 구조를 나타낸 것으로 그레인은 A 방향으로 성장하였음을 알 수 있다.

- <57> 여기서, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 수평 방향이 긴 형상의 슬릿 패턴(310)을 가지는 마스크를 이용하여 그레이인의 크기를 슬릿 패턴의 폭(W)만큼 성장시키기 위해서는 투과 영역(310)을 정의하는 슬릿 패턴이 그레이인의 성장 방향(A 방향)으로 슬릿 패턴의 폭(w)만큼 엇갈리도록 배치되어 있는 마스크를 이용한다. 그리고, 이러한 마스크를 이용하여 비정질 규소층에 레이저를 조사하는 결정화 공정을 진행할 때, 슬릿 패턴의 길이 방향(B 방향)으로 마스크(300)의 1/2 크기만큼 마스크(300)를 이동하여 레이저빔을 조사한다. 이때 슬릿 패턴의 폭 방향(A 방향)으로 이웃하는 비정질 규소층에 연속적으로 레이저가 조사되어 그레이인의 성장은 슬릿 패턴의 폭 방향(A 방향)으로 연속적으로 이루어진다. 따라서, 슬릿 패턴의 폭(w) 크기의 그레이인이 연속적으로 성장된다.
- <58> 이 경우 레이저빔을 한번 조사하는 단위 공정을 샷(Shot)이라 한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 차 샷을 진행한 후 마스크를 마스크 가로 길이의 반만큼 이동하여 제2 차 샷을 진행함으로써 마스크에 해당되는 크기의 비정질 규소층이 모두 결정화된다.
- <59> 그리고, 이러한 샷을 반복해서 진행하며 레이저빔과 마스크(300)를 슬릿 패턴의 길이 방향(B 방향)으로 수평 이동하는 것을 스캐닝이라 한다. 그리고, 이러한 수평 방향으로의 스캐닝의 마지막 지점에서 수직방향으로 레이저빔을 이동하는 것을 스텝핑이라 한다. 이러한 스텝핑 후에 B 방향의 반대 방향으로 스캐닝을 다시 진행한다. 이러한 공정을 반복함으로써 비정질 규소층의 모든 부분이 균일하게 결정화된다.
- <60> 도 6은 순차적 측면 결정화 공정에서 마스크의 이동 과정을 도시한 도면이다.
- <61> 우선, 도 6에서 보는 바와 같이, 다결정 규소용 마스크(300)는 투과 영역(310)을 정의하는 슬릿 패턴들로 이루어진 제1 및 제2 슬릿 영역(G, H)을 가진다. 이때, 제1 및 제2 슬릿 영역(G, H)에 형성되어 있는 슬릿 패턴(310)들은 모두 가로 방향이 긴 형상이며, 각 영역(G, H)

에서 동일한 간격을 두고 세로 방향으로 배열되어 있으며, 두 영역(G, H)의 슬릿 패턴(310)은 서로 일정한 간격만큼 어긋나게 배치되어 있다.

<62> 이러한 마스크를 이용한 순차적 측면 결정화 공정에서는, 도 6에서 보는 바와 같이 제1 차 샷(shot) 공정을 진행할 때, 마스크(300)를 제1 차 샷의 마스크 위치로 이동하여 레이저빔을 조사한다. 이어, 제2 차 샷(shot) 공정을 진행할 때, 마스크(300)를 제2 차 샷의 마스크 위치로 이동하여 레이저빔을 조사한다. 이 때, 제1 차 샷의 마스크의 제2 슬릿 영역(H)과 제2 차 샷의 마스크의 제1 슬릿 영역(G)이 중첩되도록 마스크(300)를 마스크 가로 크기의 반만큼 이동한다.

<63> 이렇게 여러 차례의 샷을 반복하며 오른쪽 방향으로 스캐닝하며 레이저빔을 조사하여 비정질 규소층(150)의 어느 하나의 수평 라인을 다결정 규소층으로 결정화한다. 그리고, 레이저빔의 제1 차 스캐닝의 오른쪽 마지막 지점에서 레이저빔을 아래쪽으로 스텝핑한다. 이러한 레이저빔을 오른쪽에서 왼쪽으로 제2 차 스캐닝하며 조사한다. 따라서, 제1 차 스캐닝에 의해 다결정 규소층으로 결정화된 수평 라인에 인접한 다른 하나의 수평 라인을 다결정 규소층으로 결정화한다. 이러한 공정을 반복함으로써 모든 수평 라인이 다결정 규소층으로 결정화되어 모든 비정질 규소층(150)이 결정화된다.

<64> 본 발명의 제2 실시예에 따른 규소 결정화 시스템 및 규소 결정화 방법이 도 7 및 도 8에 도시되어 있다. 여기서, 앞서 도시된 도면에서와 동일한 참조부호는 동일한 기능을 하는 동일한 부재를 가리킨다.

<65> m 은 2 이상의 정수, n 과 k 는 1 이상의 정수라 할 때, 본 발명의 제2 실시예에 따른 규소 결정화 시스템은 m 개의 레이저 발생 장치와, m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기와, 서브 레이저빔

을 제어하기 위한 광학계를 포함하며 처리 대상물을 로딩할 수 있는 스테이지를 포함하는 k 개의 챔버를 포함한다. 그리고, k 개의 챔버 중 일부의 챔버에서 레이저 조사를 통한 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 나머지 챔버에서는 처리 대상물을 상기 스테이지 위에 로딩한다. 그리고, m 개의 레이저빔의 각각의 빔펄스가 연속되어 상기 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임이 연장된다. 그리고, k 개의 챔버 중 일부의 챔버에서 순차적 측면 결정화 공정이 진행되는 시간이 일부 중첩된다. k 개의 챔버는 상기 n 개의 서브 레이저빔 중 어느 하나가 통과하는 제 k 광계와, 제 k 광계에 대응하는 제 k 스테이지를 포함한다.

<66> 도 7에는 m 이 2이고, n 및 k 가 3인 경우의 본 발명의 제2 실시예에 따른 규모 결정화 시스템이 도시되어 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 제2 실시예에 따른 규모 결정화 시스템은 2개의 레이저 발생 장치(11, 12)와, 2개의 레이저 발생 장치(11, 12)에 의해 발생한 레이저빔이 통과하는 레이저빔 분할기(50) 및 레이저빔 분할기(50)에 의해 분할된 3개의 서브 레이저빔(5, 6, 7)의 각각을 제어하는 3개의 챔버(60, 70, 80)를 포함한다.

<67> 제1 레이저 발생 장치(11)에서 발생한 제1 레이저빔(1) 및 제2 레이저 발생 장치(12)에서 발생한 제2 레이저빔(2)은 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된다. 그리고, 레이저빔 합성기(40)는 레이저 발생 장치(11, 12)와 레이저빔 분할기(50) 사이에 위치한다.

<68> 이러한 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된 합성 레이저빔(4)은 하나의 레이저빔 발생 장치에서 발생한 레이저빔과는 달리 펄스 듀레이션 타임(Pulse Duration Time)이 길다.

<69> 두 개의 레이저빔 발생 장치(11, 12)에서 발생한 두개의 레이저빔(1, 2)을 합치는 과정에서 각각의 레이저빔의 빔 펄스(beam pulse)간에 빔 펄스가 이어질 수 있는 정도의 시차를 두면 펄스 듀레이션 타임(Pulse Duration Time, T_p)이 증가되는 효과를 가져온다. 즉, 2개의 레이저빔(1, 2)의 각각의 빔 펄스가 연속되어 합성 레이저빔(4)의 펄스 듀레이션 타임(T_p)이 연

장된다. 따라서, 레이저빔의 펄스에 의해 비정질 규소층(151, 152, 153)에서 액상화되어 결정화되는 영역(B)이 넓어진다.

70> 레이저빔 분할기(50)는 레이저빔 합성기(40)에 의해 합성된 합성 레이저빔(4)을 3개의 서브 레이저빔(5, 6, 7)으로 분할한다.

71> 도 8에는 레이저빔 분할기(50)의 개략도가 도시되어 있다.

72> 도 8에 도시된 바와 같이, 레이저빔 분할기의 내부에는 3개의 미러가 배치되어 있다. 합성 레이저빔(4)의 에너지를 1이라 할 때, 제1 미러(M1)는 레이저빔 에너지의 1/3만 투과시키고 나머지인 2/3는 반사한다. 제1 미러(M1)에서 투과된 레이저빔이 제1 서브 레이저빔(5)이다. 따라서, 제1 미러(M1)에서 반사된 레이저빔 에너지인 2/3는 제2 미러(M2)로 입사되어 제2 미러(M2)에서 1/3이 반사되고, 1/3이 투과된다. 제2 미러(M2)에서 반사된 레이저빔이 제2 서브 레이저빔(6)이다. 그리고, 제2 미러(M2)에서 투과된 1/3은 제3 미러(M3)로 입사되어 제3 미러(M3)에서 전부 반사된다. 제3 미러(M3)에서 반사된 레이저빔이 제3 서브 레이저빔(7)이다.

<73> 즉, 제1 미러(M1)는 레이저빔 에너지의 1/3만 투과시키는 렌즈를 사용하고, 제2 미러(M2)는 레이저빔 에너지의 1/3만 투과시키는 렌즈를 사용하고, 제3 미러(M3)는 레이저빔 에너지의 1/3만 반사시키는 렌즈를 사용한다면 모든 서브 레이저빔(2)의 에너지가 전체 레이저빔 에너지의 1/3로 동일하게 분할된다.

<74> 따라서, 펄스 듀레이션 타임(T_p)이 연장되고, 합성 레이저빔 에너지의 1/3로 분할된 3개의 서브 레이저빔(5, 6, 7)이 제1 광계(21), 제2 광계(22) 및 제3 광계(23)로 각각 입사된다.

- 5> 3개의 챔버(50, 60, 70)는 3개의 서브 레이저빔 중 제1 서브 레이저빔(5)이 통과하는 제1 광계(21) 및 제1 광계(21) 아래에 위치하는 제1 스테이지(31)를 포함하는 제1 챔버(60)를 포함한다. 그리고, 제2 서브 레이저빔(6)이 통과하는 제2 광계(22) 및 제2 광계(22) 아래에 위치하는 제2 스테이지(32)를 포함하는 제2 챔버(70)를 포함한다. 그리고, 제3 서브 레이저빔(7)이 통과하는 제3 광계(23) 및 제3 광계(23) 아래에 위치하는 제3 스테이지(33)를 포함하는 제3 챔버(80)를 포함한다.
- 76> 3개의 챔버 중 어느 2개의 챔버에서 동시에 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 나머지 다른 하나의 챔버에서는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 스테이지 위에 로딩한다. 즉, 3개의 챔버 중 어느 2개의 챔버에서 순차적 측면 결정화 공정이 진행되는 시간이 일부 중첩된다. 자세히 설명하면, 순차적 측면 결정화 공정을 초기 순차적 측면 결정화 공정과 후기 순차적 측면 결정화 공정으로 나눌 때, 어느 2개의 챔버 중 어느 하나의 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 어느 2개의 챔버 중 다른 하나의 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행한다.
- <77> 따라서, 스테이지 위에 절연 기판을 로딩하는 시간이 줄어든다. 즉, 3개의 챔버 중 순차적 측면 결정화 공정이 진행하는 동안 레이저빔이 조사되지 않는 스테이지 위에는 절연 기판을 로딩한다. 따라서, 종래와 달리 절연 기판을 로딩하는 시간을 줄일 수 있다. 로딩 시간을 최소화하게 되면 연속적인 순차적 측면 결정화 공정이 가능하게 된다. 종래의 순차적 고상 결정 시스템에서는 광계의 온도 안정화를 위하여 공정 진행 전에 더미 샷(dummy shot)을 조사하였다. 그러나, 연속적인 순차적 측면 결정화 공정이 가능해지면 이러한 더미 샷들은 최초 레이저빔 발생시에만 필요하게 된다. 따라서, 본 발명의 제2 실시예에서는 PDE 설비비용절감 및 양산성 향상이 가능하다. 그리고, 더미 샷을 줄일 수 있으므로 생산단가를 낮출 수 있다.

- 8> 한편, 본 발명의 제1 실시예의 규소 결정화 시스템에 챔버 2개를 추가하여 2개의 챔버에서 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안 나머지 2개의 챔버에서는 스테이지 위에 절연 기판을 로딩하는 시스템도 가능하다. 이 경우에도 로딩 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다.
- 9> 이러한 본 발명의 제2 실시예에 따른 규소 결정화 시스템에 의한 규소 결정화 방법을 이하에서 상세히 설명한다.
- 80> 도 9에는 본 발명의 제2 실시예에 따른 규소 결정화 시스템에 의한 규소 결정화 방법을 나타내었다.
- 81> 도 9에 도시된 바와 같이, 우선 제1 챔버(60)에서는 비정질 규소층(151)이 증착된 제1 절연 기판(111)을 제1 스테이지(31) 위에 로딩한다. 이 경우에 제1 챔버(60)는 입구가 열려지며, 제2 챔버(70) 및 제3 챔버(80)는 입구가 닫혀있다. (제1 단계, P1)
- 82> 다음으로, 제1 챔버(60)에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 제2 챔버(70)에서는 비정질 규소층(152)이 증착된 제2 절연 기판(112)을 제2 스테이지(32) 위에 로딩한다. 이 경우에 제2 챔버(70)의 입구가 열려지며, 제3 챔버(80)는 여전히 닫혀있다. 따라서, 제1 챔버(60)에 제1 서브 레이저빔(5)이 조사된다. (제2 단계, P2)
- 83> 다음으로, 제1 챔버(60)에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 제2 챔버(70)에서는 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 제3 챔버(80)에서는 비정질 규소층(153)이 증착된 제3 절연 기판(113)을 제3 스테이지(33) 위에 로딩한다. 이 경우에 제3 챔버(80)의 입구가 열려지고, 후기 순차적 측면 결정화 공정이 완료된 제1 챔버(60)의 입구가 닫혀진다. 따라서, 제1 챔버(60) 및 제2 챔버(70)에 각각 제1 서브 레이저빔(5) 및 제2 서브 레이저빔(6)이 조사된다. (제3 단계, P3)

- <4> 다음으로, 제1 챔버(60)에서 비정질 규소층(151)이 증착된 제1 절연 기판(111)을 제1 스테이지(31) 위에 로딩하는 동안, 제2 챔버(70)에서는 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 제3 챔버(80)에서는 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행한다. 이 경우 후기 순차적 측면 결정화 공정이 완료된 제2 챔버(70)의 입구가 닫혀진다. 따라서, 제2 챔버(70) 및 제3 챔버(80)에 각각 제2 서브 레이저빔(6) 및 제3 서브 레이저빔(7)이 조사된다. (제4 단계, P4)
- 85> 다음으로, 제1 챔버(60)에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 제2 챔버(70)에서는 비정질 규소층(152)이 증착된 제2 절연 기판(112)을 제2 스테이지(32) 위에 로딩하고, 제3 챔버(80)에서는 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행한다. 이 경우 후기 순차적 측면 결정화 공정이 완료된 제3 챔버(80)의 입구가 닫혀진다. 따라서, 제1 챔버(60) 및 제3 챔버(80)에 각각 제1 서브 레이저빔(5) 및 제3 서브 레이저빔(7)이 조사된다. (제5 단계, P5)
- <86> 다음으로, 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계가 반복되며 순차적 측면 결정화 공정이 진행되어 로딩 시간이 줄어들게 된다.

【발명의 효과】

- <87> 본 발명에 따른 규소 결정화 시스템 및 그 방법은 다수개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성하여 펄스 듀레이션 타임을 증가시킴으로써, 큰 슬릿 패턴을 가지는 마스크를 이용하는 순차적 고상 결정화 공정에 유리하다.
- <88> 또한, 3개의 챔버를 이용하는 경우에는 로딩 시간을 줄일 수 있으므로 양산성이 향상되며, 레이저빔의 샷을 줄일 수 있기 때문에 생산 단가를 낮출 수 있다는 장점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

m 은 2 이상의 정수, n 은 1 이상의 정수라 할 때, m 개의 레이저 발생 장치;

상기 m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 m 개의 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기;

상기 분할된 n 개의 서브 레이저빔의 각각을 제어하는 n 개의 광계;

상기 n 개의 광계를 통과한 n 개의 서브 레이저빔을 조사함으로써 다결정 규소층으로 결정화되는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 장착할 수 있는 n 개의 스테이지를 포함하는 규소 결정화 시스템.

【청구항 2】

제1항에서,

상기 m 개의 레이저빔의 각각의 빔펄스가 연속되어 상기 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임이 연장되는 규소 결정화 시스템.

【청구항 3】

제2항에서,

상기 레이저빔 분할기는 상기 합성 레이저빔을 동일한 에너지의 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 규소 결정화 시스템.

【청구항 4】

제2항에서,

상기 합성 레이저빔은 상기 m 개의 레이저 발생 장치와 상기 레이저빔 분할기 간의 경로 사이에 위치하는 레이저빔 합성기에 의해 합성되는 규소 결정화 시스템.

【청구항 5】

m 은 2 이상의 정수, n 과 k 는 1 이상의 정수라 할 때,

m 개의 레이저 발생 장치;

상기 m 개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 n 개의 서브 레이저빔으로 분할하는 레이저빔 분할기;

상기 서브 레이저빔을 제어하기 위한 광학계를 포함하며 처리 대상물을 로딩할 수 있는 스테이지를 포함하는 k 개의 챔버

를 포함하고,

상기 k 개의 챔버 중 일부의 챔버에서 레이저 조사를 통한 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 나머지 챔버에서는 처리 대상물을 상기 스테이지 위에 로딩하는 규소 결정화 시스템.

【청구항 6】

제5항에서,

상기 m 개의 레이저빔의 각각의 빔펄스가 연속되어 상기 합성 레이저빔의 펄스 듀레이션 타임이 연장되는 규소 결정화 시스템.

【청구항 7】

제6항에서,

상기 k개의 챔버 중 일부의 챔버에서 순차적 측면 결정화 공정이 진행되는 시간이 일부 중첩되는 규소 결정화 시스템.

【청구항 8】

제6항에서,

상기 k개의 챔버는 상기 n개의 서브 레이저빔 중 어느 하나가 통과하는 제k 광계;

상기 제k 광계에 대응하는 제k 스테이지를 포함하는 규소 결정화 시스템.

【청구항 9】

2개의 레이저 발생 장치에서 발생한 레이저빔을 합성한 합성 레이저빔을 3개의 서브 레이저빔으로 분할하여 조사하는 각각의 챔버를 제1 챔버, 제2 챔버 및 제3 챔버라 할 때,

상기 제1 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제1 절연 기판을 제1 스테이지 위에 로딩하는 제1 단계;

상기 제1 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제2 절연 기판을 제2 스테이지 위에 로딩하는 제2 단계;

상기 제1 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 상기 제3 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제3 절연 기판을 제3 스테이지 위에 로딩하는 제3 단계;

상기 제1 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제1 절연 기판을 제1 스테이지 위에 로딩하는 동안, 상기 제2 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하고, 상기 제3 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 제4 단계;

상기 제1 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 제2 챔버에서 비정질 규소층이 증착된 제2 절연 기판을 제2 스테이지 위에 로딩하고, 상기 제3 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 제5 단계;

를 포함하고, 상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 반복되는 규소 결정화 방법.

【청구항 10】

제8항에서,

상기 합성 레이저빔은 레이저빔 분할기에 의해 3개의 서브 레이저빔으로 분할되는 규소 결정화 방법.

【청구항 11】

제9항에서,

상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 상기 3개의 챔버 중 어느 2개의 챔버에서 동시에 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 3개의 챔버 중 다른 하나의 챔버에서는 비정질 규소층이 증착된 절연 기판을 스테이지 위에 로딩하는 규소 결정화 방법.

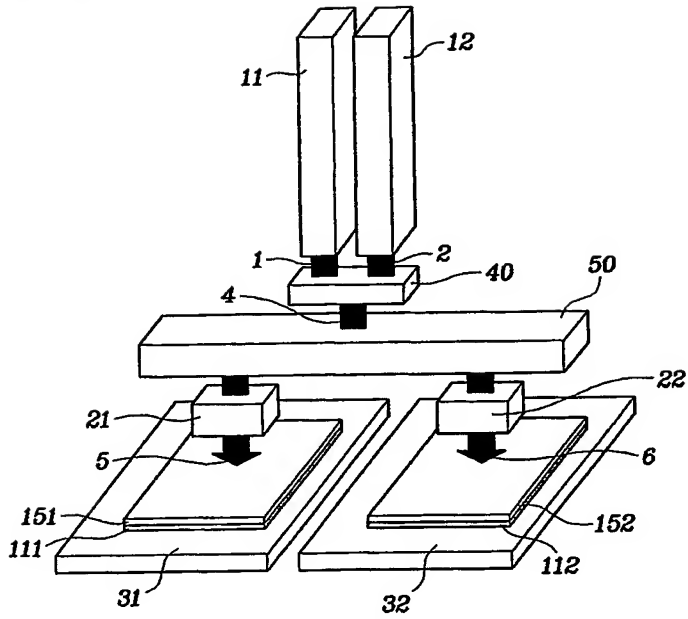
【청구항 12】

제10항에서,

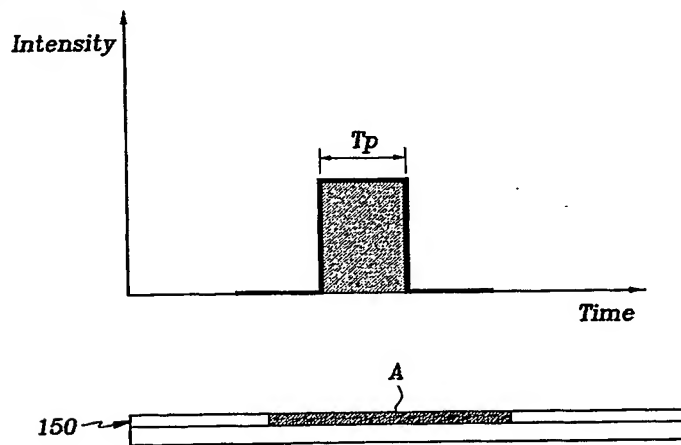
상기 제3 단계, 제4 단계 및 제5 단계는 상기 어느 2개의 챔버 중 어느 하나의 챔버에서 초기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 동안, 상기 어느 2개의 챔버 중 다른 하나의 챔버에서 후기 순차적 측면 결정화 공정을 진행하는 규모 결정화 방법.

【도면】

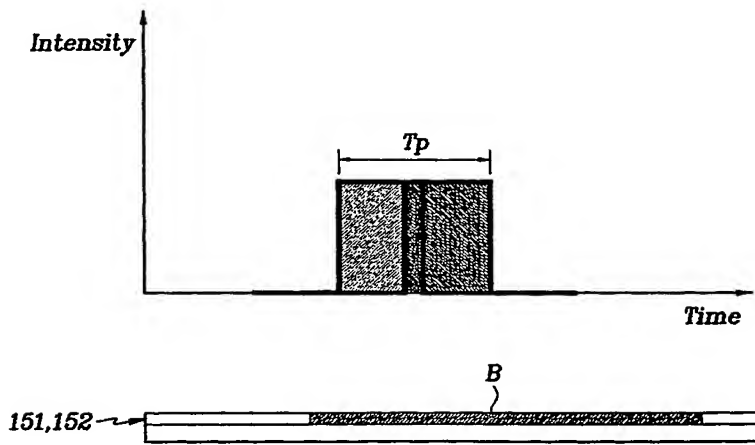
【도 1】



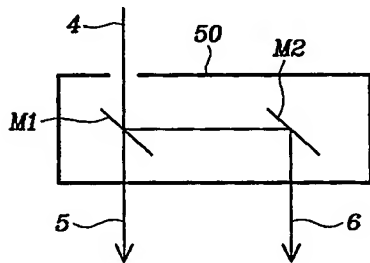
【도 2a】



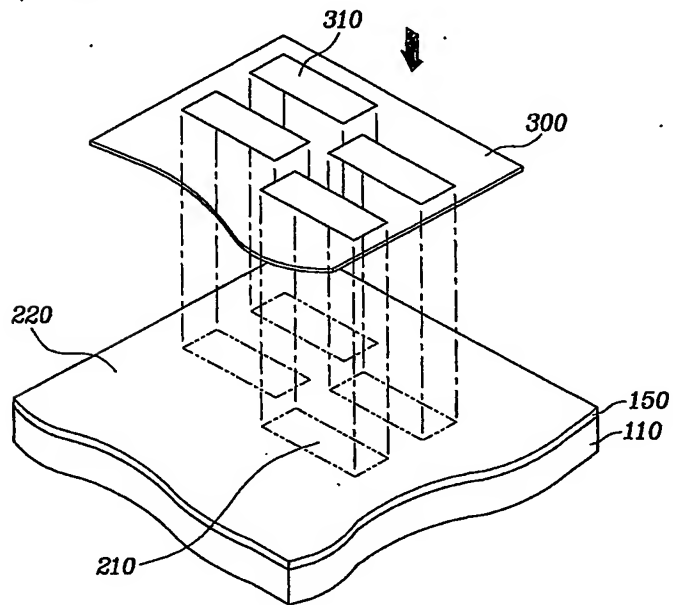
【도 2b】



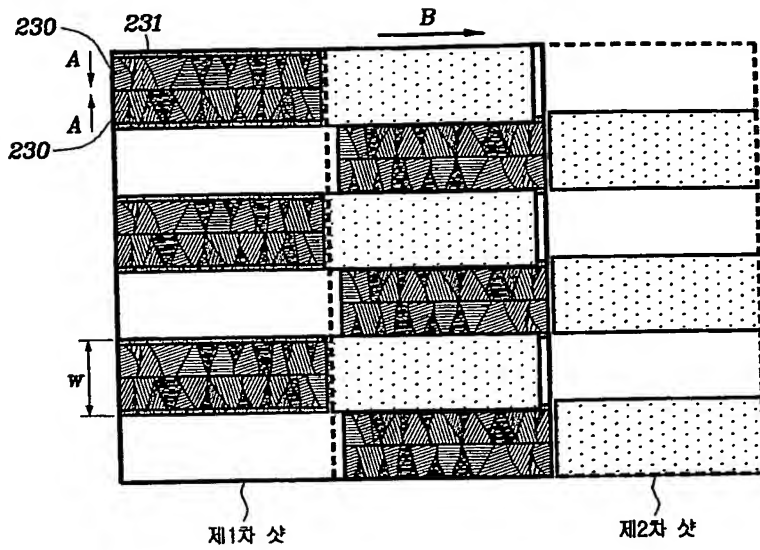
【도 3】



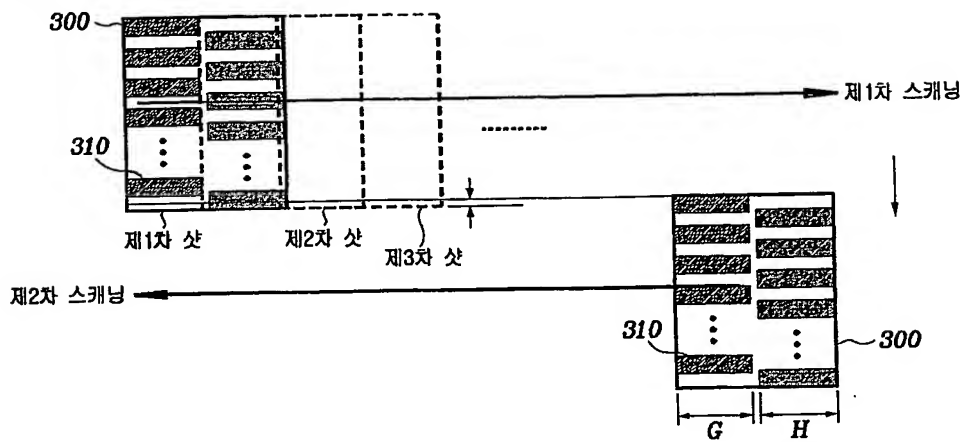
【도 4】



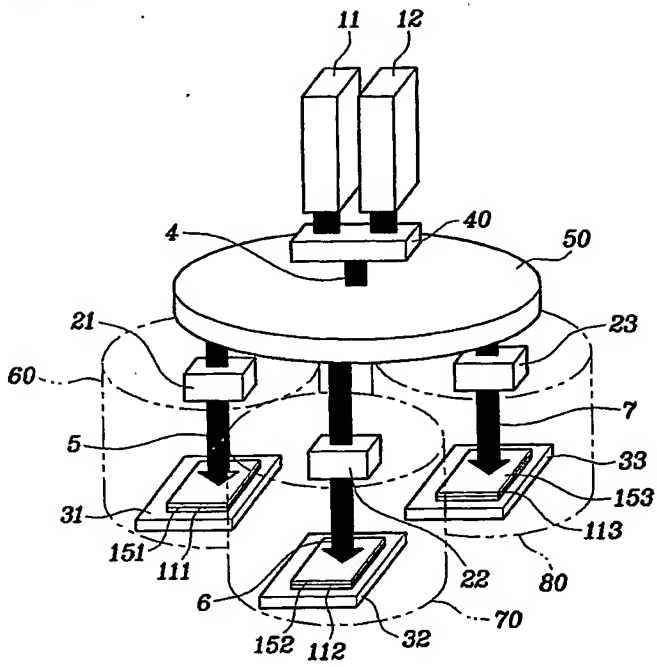
【도 5】



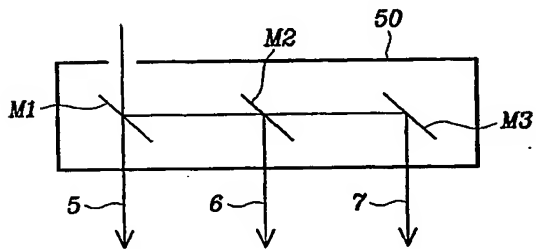
【도 6】



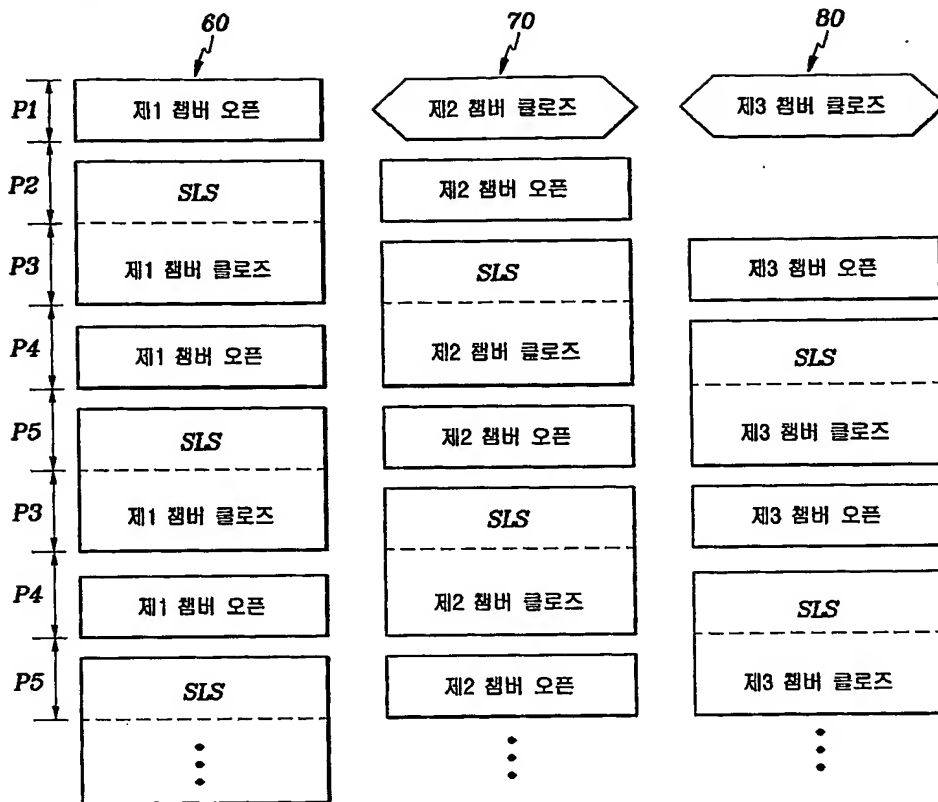
【도 7】



【도 8】



【도 9】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**